干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

祁连山典型灌丛群落结构特征及其多样性研究

马 剑[1,2,3]， 刘贤德[1,2,3]， 何晓玲[4]， 王顺利[1,3]， 贺永岩[1,3]，
武秀荣[1,3]， 赵晶忠[1,3]， 马雪娥[1,3]

（1. 甘肃省祁连山水源涵养林研究院，甘肃 张掖 734000；2. 甘肃农业大学林学院，甘肃 兰州 730070；
3. 甘肃祁连山森林生态监测与评估国际科技合作基地，甘肃 张掖 734000；4. 西北农林科技大学资源环境学院，
陕西 咸阳 712100）

摘 要：灌丛群落作为祁连山森林生态系统的重要组成部分，在维护西北地区生态安全方面扮演着不可或缺的角色。系统地研究祁连山地区灌丛群落结构特征对阐明灌丛群落的更新、演替和稳定具有十分重要的意义，可为祁连山区森林生态系统的保护、恢复与重建提供基础数据和科学依据。选择分布在祁连山大野口流域的甘青锦鸡儿（*Caragana tangutica*）、鲜黄小檗（*Berberis diaphana*）、金露梅（*Potentilla fruticosa*）、鬼箭锦鸡儿（*Caragana jubata*）和吉拉柳（*Salix gilashanica*）5种典型灌丛群落为研究对象，通过野外调查取样和室内分析，主要研究了5种典型灌丛群落的物种组成、生活型组成和物种多样性的变化规律。结果表明：(1) 祁连山大野口流域灌丛群落组成较为简单，只出现了48种植物，隶属于26科，38属，以蔷薇科、禾本科、菊科和豆科等西北干旱区优势科的数量居多。(2) 生活型谱均以地面芽植物所占比例最大，为37.09%，地上芽植物所占比例最少，为4.00%。(3) 整体上看，灌丛群落的Shannon-Wiener多样性指数（*H*）变化范围为1.12~2.26，Simpson多样性指数（*D*）变化范围为0.60~0.74，其物种多样性指数较低，物种组成较为简单，其中不同灌丛群落*H*多样性指数表现为金露梅>鬼箭锦鸡儿>鲜黄小檗>甘青锦鸡儿>吉拉柳，*D*多样性指数表现为金露梅>鬼箭锦鸡儿>吉拉柳>鲜黄小檗>甘青锦鸡儿。(4) 不同的生境条件导致群落多样性层间结构存在差异，除鬼箭锦鸡儿群落，多样性指数均为草本层>灌木层，而鬼箭锦鸡儿群落中灌木层和草本层的物种多样性指数较为接近，物种组成灌草均一。

关 键 词：灌丛群落；物种多样性；群落结构；生活型；祁连山
文章编号：

群落结构作为植物群落的基本属性，是了解群落组成、变化和发展趋势的基础[1]。物种多样性作为衡量群落结构和功能复杂性的指标[2]，反映了物种的丰富度和分布均匀性[3]，体现了植物群落结构类型、物种组成、稳定性和生境条件的差异[4]。因此，研究群落物种多样性不仅可以反映群落组成、结构、功能等方面的差异，还可以反映环境条件与群落的关系[5]，研究植物群落结构及其物种多样性对阐明群落的更新、演替和稳定具有重要的意义[6]。

灌木在植物多样性中发挥着重要作用，不仅增加了物种生产力的来源，提高了生态稳定性，而且大大丰富了植物群落的多样性[7]，因此，研究灌木的多样性具有极为重要意义。灌丛作为祁连山森林生态系统的主要组成部分，对祁连山森林系统保护水土、涵养水源以及维持河西走廊生态系统和保护我国生物多样性起着极为重要的作用[8]。然而，针对祁连山灌丛群落的研究，多集中于水文生态功能[9-10]、生物量[11-12]、土壤性状[13-14]、经营管理[15-16]等

收稿日期：2020-12-15； **修订日期**：2021-04-16
基金项目：甘肃省陇原青年创新创业人才项目；甘肃省自然科学基金项目（20JR5RE641）；国家重点研发计划项目子课题（2019YFC0507404）；国家社科基金项目（19BGL193）；甘肃省自然科学基金重大项目（18JR4RA002）
作者简介：马剑（1986-），男，博士，高级工程师，主要从事森林与土壤生态研究. E-mail: 405153416@qq.com
通讯作者：何晓玲（1986-），女，副教授，主要从事土壤养分流失及环境效应研究. E-mail: xiaolinghe@nwafu.edu.cn

方面，对灌丛群落结构及物种多样性的研究甚少。鉴于此，本文选择分布于祁连山大野口流域不同垂直植被带上的灌丛群落优势种鲜黄小檗(*Berberis diaphana*)、甘青锦鸡儿(*Caragana tangutica*)、金露梅(*Potentilla fruticosa*)、鬼箭锦鸡儿(*Caragana jubata*)和吉拉柳(*Salix gilashanica*)5种典型灌丛群落为研究对象，通过开展样地调查，深入研究不同灌丛群落的物种组成、生活型组成以及物种多样性变化特征，旨在加深对祁连山区植物群落性质的认识，为该地区灌木林的可持续经营和生物多样性的保护与利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于祁连山北麓中段西水林区的大野口河流域，中心位置100°15′E，38°31′N，流域总面积73.32 km^2，流域海拔2590~4645 m[17]。年平均气温−0.6~2.0 ℃，年均日照时数1893 h，日辐射总量均值110.28 kW·m^{-2}，年均降水量433.6 mm，年均蒸发量1081.7 mm，年均相对湿度60%，属高寒半干旱山地森林草原气候[18]。从低海拔到高海拔，植被类型有森林草原带、森林灌丛带、亚高山灌丛草甸带和高山草甸带；土壤类型有山地灰钙土、山地栗钙土、山地灰褐土、亚高山灌丛草甸土、高山寒漠土。其中，分布在海拔2400~3300 m的山地灰褐土是乔木林生长的主要地带，分布在海拔3300~4000 m的亚高山灌丛草甸土是湿性灌木林生长的主要地带。青海云杉作为建群树种，主要分布于海拔2400~3300 m半阴坡、阴坡；灌木优势种主要有金露梅(*Potentilla fruticosa*)、箭叶锦鸡儿(*Caragana jubata*)、吉拉柳(*Salix gilashanica*)等；草本主要有珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、黑穗苔(*Carex atrata*)和针茅(*Stipa capillata*)等[19]。

1.2 样地设置及调查

基于典型性、代表性原则，选择分布于研究区的甘青锦鸡儿、鲜黄小檗、金露梅、鬼箭锦鸡儿、吉拉柳5种典型灌丛群落进行试验。依据植被调查中比较常用的典型样地法[20]，在每种灌丛类型内建立3个面积为20 m×20 m的调查样方，由于甘青锦鸡儿群落密度相对较小，为了调查更加合理，该灌丛样方设置为30 m×30 m，共设置15个样方，并在每个灌丛样方内沿对角线设置3个1 m×1 m的草本样方。2019年8月对灌丛群落结构进行调查，其中灌木逐株测定，分别记录名称、株数、株高、冠幅、盖度等，草本层记录每种草的名称、高度、盖度、株数等；同时详细记录各样地的海拔、坡度、坡向等信息。样地基本信息见表1。

1.3 数据计算

(1) 重要值计算

在统计每个样方内物种高度、盖度、频度等基础上，参照以下公式计算物种的重要值[21]。重要值=(相对频度+相对密度+相对盖度)/3

(2) 生活型

参照丹麦植物学家Raunkiaer的生活型分类系统，植物生活型主要包括高位芽植物、地面芽植物、隐芽植物和一年生植物。

(3) 物种多样性指数

基于物种多样性指数反映群落生物多样性状况的能力及其应用的广泛度，本文选用Shannon-Wiener多样性指数(H)、Pielou均匀度指数(J)、Simpson多样性指数(D)、Simpson优势度指数(C)、Margalef丰富度指数(M)来衡量灌丛群落的物种多样性，计算公式如下：

Simpson多样性指数(D)：

$$D=\sum_{i=1}^{S}N_i^2 \tag{1}$$

Shannon-Wiener多样性指数(H)：

表1 样地基本情况

Tab. 1 Basic information of the sampling plots

群落类型	土层厚度/cm	土壤类型	海拔/m	坡度/(°)	坡向	生长状况	地径/mm	盖度/%	平均高度/m
鬼箭锦鸡儿	60	高山草甸土	3300	40	NE	一般	20	60	0.60
吉拉柳	60	高山草甸土	3300	32	NE	良好	26	55	1.40
金露梅	60	高山草甸土	2900	33	E	好	16	90	0.90
鲜黄小檗	60	栗钙土	2600	30	W	一般	20	70	1.80
甘青锦鸡儿	60	栗钙土	2600	22	SW	一般	25	50	1.40

$$H=-\sum_{i=1}^{S}N_i\times\ln N_i \qquad (2)$$

Pielou均匀度指数(*J*)：

$$J=J_{sw}=H/\ln S \qquad (3)$$

Simpson优势度指数(*C*)：

$$C=\sum_{i=1}^{S}N_i^2 \qquad (4)$$

Margalef丰富度指数(*M*)：

$$M=(S-1)/\log_2/N \qquad (5)$$

式中：S为样方内物种数；N为样方内所有物种个体数总和；N_i为样方内种i的重要值。

2　结果与分析

2.1　群落物种组成

5种灌丛群落物种组成及不同科植物的变化规律存在差异，从而影响了灌丛群落的结构（表2、表3）。结果表明：甘青锦鸡儿群落中共有15种植物，属于8科，12属，蔷薇科植物4种，占总数的26.67%，其次是禾本科，有3种，占总数的20.00%，菊科和豆科植物分别有2种，均占总数的13.33%，其余各科均只有1种物种；鲜黄小檗群落中共有20种植物，属于11科，16属，蔷薇科植物6种，占总数的30.00%，其次是禾本科和豆科，各有3种，分别占总数的15.00%，菊科植物只有2种，分别占总数的10.00%，其余各科均只有1种物种；金露梅群落中共有24种植物，属于14科，21属，蔷薇科植物6种，占总数的25.00%，其次是禾本科，有5种，占总数的20.83%，菊科植物有2种，占总数的8.33%，其余各科均只有1种物种；鬼箭锦鸡儿群落中共有12种植物，属于9科，11属，豆科、蔷薇科、唇形科均有植物2种，分别占总数的16.67%，其余各科均只有1种物种；吉拉柳群落中共有11种植物，属于11科，11属，每1科均只有1种物种，占总数的9.09%。

总体来看，祁连山北麓5种典型灌丛群落组成较为简单，只出现了48种植物，隶属于26科，38属，其中莎草科和豆科在5个群落中都有出现，蔷薇科在甘青锦鸡儿、鲜黄小檗、金露梅群落中占绝对优势，而且在鬼箭锦鸡儿群落中也是优势科之一，禾本科在甘青锦鸡儿、鲜黄小檗、金露梅群落中的比重略低于蔷薇科，菊科植物在5种典型灌丛群落中也比较常见。

2.2　群落生活型组成

表4反映了研究区5种典型灌丛群落的生活型谱。由表可以看出，甘青锦鸡儿群落中地面芽植物数量最多，占总数的53.33%，占绝对优势；高位芽植物、隐芽植物、一年生植物均占总数的13.33%，地上芽植物数量最少，仅占总数的6.67%。鲜黄小檗群落中地面芽植物数量最多，占总数的45.00%，高位芽植物次之，占总数的30.00%，隐芽植物和一年生植物均占总数的10.00%，此外还有少量的地上芽植物。金露梅群落中地面芽植物数量最多，占总数的41.67%，隐芽植物次之，占总数的25.00%，一年生植物占总数的16.67%，高位芽植物和地上芽植物数量较少，均占总数的8.33%。鬼箭锦鸡儿群落中高位芽植物数量最多，占总数的36.36%，地面芽植物和隐芽植物均占总数的27.27%，一年生植物数量较少，仅占总数的9.09%，而该群落中没有出现地上芽植物。吉拉柳群落中隐芽植物数量最多，占总数的36.36%，高位芽植物次之，均占总数的27.27%，一年生植物和地面芽植物均占总数的18.18%，而该群落中也没有出现地上芽植物。通过灌丛群落生活型的分析，总体上反映了研究区高寒半干旱山地气候的特征。

2.3　群落物种多样性

表5反映了研究区5种典型灌丛群落物种多样性的情况，整体看来，研究区5种典型灌丛群落结构简单，物种多样性水平比较低。其中Simpson多样性指数(*D*)表现为金露梅>鬼箭锦鸡儿>吉拉柳>鲜黄小檗>甘青锦鸡儿；Shannon-Wiener多样性指数(*H*)表现为金露梅>鬼箭锦鸡儿>鲜黄小檗>甘青锦鸡儿>吉拉柳。不同灌丛群落在群落环境、结构和稳定性上存在差异，导致群落多样性有所不同。Pielou均匀度指数(*J*)反映了群落分布的均匀程度，鬼箭锦鸡儿群落均匀度指数最高，为0.85，物种分布均匀；鲜黄小檗群落呈片状分布，均匀度指数仅为0.27。Simpson群落优势度指数(*C*)与Shannon-Wiener多样性指数(*H*)呈相反的变化规律，物种多样性指数低的吉拉柳群落出现的物种较少，优势度较高。因此，在正常情况下，受某些环境因子限制的生态系统物种多样性水平并不高。

2.4　群落物种多样性的层间分布特征

5种灌丛群落灌木层和草本层的物种多样性特征存在差异（表6）。其中，甘青锦鸡儿、鲜黄小檗、

表2 祁连山典型灌丛群落物种组成及重要值

Tab. 2 Species compositions and important values of typical shrub communities in Qilian Mountains

群落类型	物种名称	拉丁学名	重要值	物种名称	拉丁学名	重要值
甘青锦鸡儿	甘青锦鸡儿	*Caragana tangutica*	0.547	芨芨草	*Achnatherum splendens*	0.046
	白莲蒿	*Artemisia stechmanniana*	0.015	甘肃棘豆	*Oxytropis kansuensis*	0.031
	冰草	*Agropyron cristatum*	0.197	金露梅	*Potentilla fruticosa*	0.009
	大藜	*Chenopodium album*	0.008	狼毒	*Stellera chamaejasme*	0.018
	多裂委陵菜	*Potentilla multifida*	0.037	马蔺	*Iris lactea*	0.009
	二裂委陵菜	*Potentilla bifurca*	0.060	苔草	*Carex* spp.	0.078
	狗娃花	*Aster hispidus*	0.041	针茅	*Stipa capillata*	0.172
鲜黄小檗	矮锦鸡儿	*Caragana pygmaea*	0.020	狼毒	*Stellera chamaejasme*	0.013
	白莲蒿	*Artemisia stechmanniana*	0.011	马蔺	*Iris lactea*	0.007
	冰草	*Agropyron cristatum*	0.138	南苜蓿	*Medicago polymorpha*	0.026
	大藜	*Chenopodium album*	0.005	爬地柏	*Sabina procumbens*	0.009
	多裂委陵菜	*Potentilla multifida*	0.026	苔草	*Carex* spp.	0.055
	二裂委陵菜	*Potentilla bifurca*	0.042	鲜黄小檗	*Berberis diaphana*	0.432
	狗娃花	*Aster hispidus*	0.028	高山绣线菊	*Spiraea alpina*	0.140
	芨芨草	*Achnatherum splendens*	0.032	银露梅	*Potentilla glabra*	0.028
	甘肃棘豆	*Oxytropis kansuensis*	0.019	针茅	*Stipa capillata*	0.121
	金露梅	*Potentilla fruticosa*	0.043			
金露梅	白茅	*Imperata cylindrica*	0.020	马蹄金	*Dichondra micrantha*	0.057
	扁蕾	*Gentianopsis barbata*	0.007	马先蒿	*Pedicularis kansuensis*	0.025
	大蓟	*Chenopodium album*	0.003	披碱草	*Elymus dahuricus*	0.029
	多裂委陵菜	*Potentilla multifida*	0.155	蛇莓	*Duchesnea indica*	0.007
	翻白委陵菜	*Potentilla discolor*	0.022	苔草	*Carex* spp.	0.147
	茴香	*Foeniculum vulgare*	0.091	多裂委陵菜	*Potentilla multifida*	0.208
	甘肃棘豆	*Oxytropis kansuensis*	0.035	高山绣线菊	*Spiraea alpina*	0.036
	节节草	*Equisetum ramosissimum*	0.007	鱼眼草	*Dichrocephala integrifolia*	0.007
	金露梅	*Potentilla fruticosa*	0.606	早熟禾	*Poa annua*	0.013
	爵床	*Justicia procumbens*	0.016	针茅	*Stipa capillata*	0.013
	老鹳草	*Geranium wilfordii*	0.013	珠芽蓼	*Polygonum viviparum*	0.119
	列当	*Orobanche coerulescens*	0.027	醉马草	*Achnatherum inebrians*	0.057
鬼箭锦鸡儿	吉拉柳	*Salix gilashanica*	0.195	南苜蓿	*Medicago polymorpha*	0.005
	鬼箭锦鸡儿	*Caragana jubata*	0.180	羌活	*Notopterygium incisum*	0.010
	金露梅	*Potentilla fruticosa*	0.177	升麻	*Cimicifuga foetida*	0.010
	高山绣线菊	*Spiraea alpina*	0.033	苔草	*Carex* spp.	0.406
	柳叶蓼	*Polygonum lapathifolium*	0.010	珠芽蓼	*Polygonum viviparum*	0.182
	马蹄金	*Dichondra micrantha*	0.047			
吉拉柳	地钱	*Marchantia polymorpha*	0.002	升麻	*Cimicifuga foetida*	0.011
	吉拉柳	*Salix gilashanica*	0.512	苔草	*Carex* spp.	0.168
	鬼箭锦鸡儿	*Caragana jubata*	0.105	铁角蕨	*Asplenium trichomanes*	0.011
	羌活	*Notopterygium incisum*	0.003	小蓟	*Cephalanoplos segetum*	0.021
	青海云杉	*Picea crassifolia*	0.029	珠芽蓼	*Polygonum viviparum*	0.038

金露梅、吉拉柳群落中，草本层的物种多样性指数高于灌木层，表明以上灌丛群落中草本种类比较多，草本层占有绝对优势；鬼箭锦鸡儿群落中灌木层和草本层的物种多样性指数接近，表明该群落中灌木和草本的物种组成比较均匀。究其原因，植物群落的垂直结构受水热条件以及群落的微生境、种群组成和发育阶段的影响[22]。5种典型灌丛群落不同层次的Simpson多样性指数(D)、Shannon-Wiener

表3　祁连山典型灌丛群落物种组成变化

Tab. 3　Change of species compositions of shrub communities in Qilian Mountains

群落类型	科别	属数	占总属数/%	种数	占总种数/%
甘青锦鸡儿	豆科 Leguminosae	2	16.67	2	13.33
	禾本科 Gramineae	3	25.00	3	20.00
	菊科 Compositae	2	16.67	2	13.33
	藜科 Chenopodiaceae	1	8.33	1	6.67
	蔷薇科 Rosaceae	1	8.33	4	26.67
	瑞香科 Thymelaeaceae	1	8.33	1	6.67
	莎草科 Cyperaceae	1	8.33	1	6.67
	鸢尾科 Iridaceae	1	8.33	1	6.67
鲜黄小檗	豆科 Leguminosae	3	18.70	3	15.00
	禾本科 Gramineae	3	18.75	3	15.00
	菊科 Compositae	2	12.50	2	10.00
	藜科 Chenopodiaceae	1	6.25	1	5.00
	蔷薇科 Rosaceae	2	12.50	6	30.00
	瑞香科 Thymelaeaceae	1	6.25	1	5.00
	莎草科 Cyperaceae	1	6.25	1	5.00
	鸢尾科 Iridaceae	1	6.25	1	5.00
	小檗科 Berberidaceae	1	6.25	1	5.00
	柏科 Cupressacea	1	6.25	1	5.00
金露梅	豆科 Leguminosae	1	4.76	1	4.17
	禾本科 Gramineae	5	23.81	5	20.83
	菊科 Compositae	2	9.52	2	8.33
	蔷薇科 Rosaceae	3	14.29	6	25.00
	莎草科 Cyperaceae	1	4.76	1	4.17
	蓼科 Polygonaceae	1	4.76	1	4.17
	旋花科 Convolvulaceae	1	4.76	1	4.17
	伞形科 Umbelliferae	1	4.76	1	4.17
	爵床科 Acanthaceae	1	4.76	1	4.17
	木贼科 Equisetaceae	1	4.76	1	4.17
	龙胆科 Gentianaceae	1	4.76	1	4.17
	牻牛儿苗科 Geraniaceae	1	4.76	1	4.17
	玄参科 Scrophulariaceae	1	4.76	1	4.17
	列当科 Orobanchaceae	1	4.76	1	4.17
鬼箭锦鸡儿	豆科 Leguminosae	2	18.18	2	16.67
	蔷薇科 Rosaceae	2	18.18	2	16.67
	莎草科 Cyperaceae	1	9.09	1	8.33
	蓼科 Polygonaceae	1	9.09	1	8.33
	旋花科 Convolvulaceae	1	9.09	1	8.33
	伞形科 Umbelliferae	1	9.09	1	8.33
	杨柳科 Salicaceae	1	9.09	1	8.33
	毛茛科 Ranunculaceae	1	9.09	1	8.33
	唇形科 Labiatae	1	9.09	2	16.67
吉拉柳	豆科 Leguminosae	1	9.09	1	9.09
	菊科 Compositae	1	9.09	1	9.09
	莎草科 Cyperaceae	1	9.09	1	9.09
	蓼科 Polygonaceae	1	9.09	1	9.09
	伞形科 Umbelliferae	1	9.09	1	9.09
	杨柳科 Salicaceae	1	9.09	1	9.09
	毛茛科 Ranunculaceae	1	9.09	1	9.09
	地钱科 Marchantiaceae	1	9.09	1	9.09
	虎耳草科 Saxifragaceae	1	9.09	1	9.09
	松科 Pinaceae	1	9.09	1	9.09
	铁角蕨科 Aspleniaceae	1	9.09	1	9.09

表4　祁连山典型灌丛群落生活型谱

Tab. 4　Life form spectrums of typical shrub communities in Qilian Mountains

群落类型		生活型				
		高位芽植物	地上芽植物	地面芽植物	隐芽植物	一年生植物
甘青锦鸡儿	种类数	2	1	8	2	2
	百分数/%	13.33	6.67	53.33	13.33	13.33
鲜黄小檗	种类数	6	1	9	2	2
	百分数/%	30.00	5.00	45.00	10.00	10.00
金露梅	种类数	2	2	10	6	4
	百分数/%	8.33	8.33	41.67	25.00	16.67
鬼箭锦鸡儿	种类数	4	0	3	3	1
	百分数/%	36.36	0.00	27.27	27.27	9.09
吉拉柳	种类数	3	0	2	4	2
	百分数/%	27.27	0.00	18.18	36.36	18.18

表5　祁连山典型灌丛群落的基本特征和物种多样性

Tab. 5　Basic characteristics and species diversity of typical shrub communities in Qilian Mountains

群落类型	灌木层主要伴生种	草本层主要优势种	平均高度/cm	盖度/%	*D*	*H*	*J*	*C*	*M*
甘青锦鸡儿	–	针茅(*Stipa capillata*)、冰草(*Agropyron cristatum*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、马蔺(*Iris lactea*)、甘肃棘豆(*Oxytropis kansuensis*)、狗娃花(*Aster hispidus*)	180.18a	24c	0.60a	1.76a	0.75a	0.40a	1.57b
鲜黄小檗	金露梅(*Potentilla fruticose*)、银露梅(*Potentilla glabra*)	苔草(*Carex* spp.)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)、南苜蓿(*Medicago polymorpha*)、火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)、甘肃马先蒿(*Pedicularis kansuensis*)、狗娃花(*Aster hispidus*)、针茅(*Stipa capillata*)、甘肃棘豆(*Oxytropis kansuensis*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、狼毒(*Stellera chamaejasme*)	157.71a	42b	0.63a	1.90a	0.74a	0.27a	1.05b
金露梅	高山绣线菊(*Spiraea alpine*)	白茅(*Imperata cylindrica*)、老鹳草(*Geranium wilfordii*)、苔草(*Carex* spp.)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、甘肃马先蒿(*Pedicularis kansuensis*)、南苜蓿(*Medicago polymorpha*)、甘肃棘豆(*Oxytropis kansuensis*)、早熟禾(*Poa annua*)、针茅(*Stipa capillata*)、节节草(*Equisetum ramosissimum*)	45.48b	37b	0.74a	2.26a	0.80a	0.47a	1.97a
吉拉柳	鬼箭锦鸡儿(*Caragana jubata*)	珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、甘肃马先蒿(*Pedicularis kansuensis*)、升麻(*Cimicifuga foetida*)、苔草(*Carex* spp.)、羌活(*Notopterygium incisum*)、小蓟(*Cephalanoplos segetum*)、铁角蕨(*Asplenium trichomanes*)	54.72b	87a	0.67a	1.12b	0.53b	0.33a	0.96b
鬼箭锦鸡儿	吉拉柳(*Salix gilashanica*)	苔草(*Carex* spp.)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)、马蹄金(*Dichondra micrantha*)、南苜蓿(*Medicago polymorpha*)、升麻(*Cimicifuga foetida*)、羌活(*Notopterygium incisum*)	24.46c	60a	0.70a	2.03a	0.85a	0.30a	1.32b

注：同列不同小写字母表示不同灌丛群落间差异显著($P<0.05$)；*D*、*H*、*J*、*C*和*M*分别表示Simpson多样性指数、Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数、Simpson优势度指数和Margalef丰富度指数。“–”表示灌木层没有伴生种。下同。

表6　祁连山典型灌丛群落不同生长型的物种多样性分析

Tab. 6　Species diversity analysis of different growth forms of typical shrub communities in Qilian Mountains

群落类型	生长型	*D*	*H*	*J*	*C*	*M*
甘青锦鸡儿	灌木	0.70	0.35	0.15	0.30	0.10
	草本	0.73	1.41	0.60	0.27	1.44
鲜黄小檗	灌木	0.78	0.74	0.29	0.22	0.81
	草本	0.95	1.16	0.45	0.05	1.42
金露梅	灌木	0.62	0.42	0.15	0.38	0.13
	草本	0.91	1.84	0.66	0.09	2.10
吉拉柳	灌木	0.72	0.63	0.30	0.28	0.22
	草本	0.94	0.79	0.23	0.10	0.71
鬼箭锦鸡儿	灌木	0.90	1.04	0.44	0.10	0.45
	草本	0.80	0.99	0.41	0.20	0.85

多样性指数(*H*)、Pielou均匀度指数(*J*)、Simpson优势度指数(*C*)和Margalef丰富度指数(*M*)存在差异，对灌木层来说，鬼箭锦鸡儿群落Simpson多样性指数(*D*)、Shannon-Wiener多样性指数(*H*)和Pielou均匀度指数(*J*)最大，金露梅群落、Simpson优势度指数(*C*)最大，鲜黄小檗群落Margalef丰富度指数(*M*)最大；对草本层来说，鲜黄小檗群落Simpson多样性指数(*D*)最大，金露梅群落Shannon-Wiener多样性指数(*H*)、Pielou均匀度指数(*J*)和Margalef丰富度指数(*M*)最大，甘青锦鸡儿群落Simpson优势度指数(*C*)最大。总体上，对5种典型灌丛群落来说，除鬼箭锦鸡儿群落外，其余灌丛群落中草本层的物种多样性均大于灌木层，草本层是主要层次；从灌木层来看，鬼箭锦鸡儿灌丛群落的物种多样性优于其它群落；从草本层物种来看，金露梅、吉拉柳灌丛群落物种多样性优于其它群落。由此表明不同生境、不同类型的灌丛类型，所占主导地位的生长型亦有所不同。

3　讨 论

本研究调查发现，祁连山北麓中段的典型灌丛群落主要有甘青锦鸡儿、鲜黄小檗、金露梅、箭叶锦鸡儿和吉拉柳群落。由于生境条件和群落类型的差异，不同灌丛群落的物种组成差异显著，祁连山北麓中段灌丛群落组成较为简单，只出现了48种植物，隶属于26科，38属，这与祁连山特殊的气候条件以及灌丛群落生境条件有关。以蔷薇科、禾本科、菊科和豆科植物居多，这与田春英[23]在祁连山的调查研究结果一致，也与蔷薇科、菊科、豆科等西北干旱区的表征科数量居多的观点一致[24]。

生活型是植物在发展过程中长期适应一定生存环境的结果，相同的生活型反映了植物对环境具有相同或相似的适应性[25]。在研究区灌丛群落的生活型谱中，地面芽植物所占比例较高，说明祁连山区冬季较为漫长，与该地区的气候条件相吻合，这也反映出了祁连山明显的高寒气候特征；地上芽植物所占比例较低，主要原因是当地的区域环境胁迫所造成的，处于高海拔的灌丛群落生长受低温限制，而处于低海拔的灌丛群落生长受干旱的限制，加上研究区植被特别是低海拔处的灌丛林植被受放牧等人为活动的影响，破坏了地上芽植物的生长环境。整体来看，5种典型灌丛群落以地面芽植物为主(37.09%)，其次为高位芽植物(23.06%)和隐芽植物(22.39%)，一年生植物(13.45%)和地上芽植物(4.00%)较少。这也反映了祁连山北麓区域气候较为严酷，夏季生长季短暂，冬季寒冷漫长的特征，同时也证明5种典型灌丛类型是高山严寒气候长期影响的产物。

不同的环境资源及其异质性是造成群落结构特征和植物群落多样性分布格局差异的主要原因之一[1]。在研究区，分布于中海拔2900 m区域的金露梅群落，物种多样性较高，这可能是因为中海拔地区水热条件较为优越，资源利用率较高，适合更多物种的生长[26]，因而金露梅群落的物种多样性高于其它灌丛群落；而吉拉柳群落分布于高海拔3300 m区域，尽管高海拔区域降水较多，受人为干扰较少，但是高海拔区域气候寒冷，低温抑制了林下植物的生长；同时由于吉拉柳群落较高的灌木层覆盖

度(表3),导致下层草本植物无法得到充足的光照,故而物种多样性较低;分布在低海拔2600 m区域的甘青锦鸡儿群落和鲜黄小檗群落多样性亦较低,这是因为祁连山低海拔地段干旱且少雨,加上土壤肥力较差,导致仅有少数耐旱性强的物种生存,所以物种多样性相对较低。

本研究结果还表明,祁连山北麓中段灌丛群落Simpson多样性指数(*D*)、Shannon-Wiener多样性指数(*H*)和Margalef丰富度指数(*M*)最大值分别为0.74、2.26和1.97。纵观不同地区灌丛群落物种多样性的研究,发现乌鲁木齐地区灌从群落*H*多样性指数为0.95~3.06[6],额尔齐斯河流域灌木群落*H*多样性指数为0.87~3.24[27],鄂尔多斯高原荒漠化草原灌木群落的*H*多样性指数为1.86~3.41[28],广西中部地区典型灌丛群落*H*多样性指数为2.62~4.31[4]。说明祁连山北麓中段灌丛群落物种多样性指数较低,单优势种的群落优势度较高,这与祁连山特殊的气候以及脆弱的生态系统有关。然而,多样性指数低并不意味着系统的稳定性差,一些群落结构简单,以单优种群为主,其稳定性较高[29]。但是对一个脆弱的生态系统来说,如果群落中的优势种消失,又没有类似功能的冗余物种代替它,那么将会对整个生态系统造成极大的损害[30],因此应加强对灌丛群落的保护。

植物多样性分布受自身生物学特性和自然环境的影响,也受外界干扰的影响,不同类型及强度的干扰可能导致群落结构的改变。研究表明,干扰会导致物种多样性下降[31],同一群落中不同生活型植物对外界干扰的响应也存在显著差异[32]。调查发现,分布于中、低海拔区域的金露梅、甘青锦鸡儿和鲜黄小檗均受到了不同程度的放牧干扰,都呈现了灌木层物种多样性较低,而草本层物种多样性高的特点。这是因为这3个群落在生长季均受到牛羊啃食和踩踏的影响,更新速度较慢,物种多样性较低;而牛羊的啃食降低了上层植被的郁闭度,为下层植物提供了更加舒适的生存空间,在一定程度上限制了灌木物种所占据的生态位,加上草本植物更新速度较快,多重因素的综合作用使得草本植物物种多样性较高。

4 结论

本研究针对祁连山灌丛群落物种组成和物种多样性变化规律尚不清楚的问题,选择分布在祁连山大野口流域的甘青锦鸡儿(*Caragana tangutica*)、鲜黄小檗(*Berberis diaphana*)、金露梅(*Potentilla fruticosa*)、鬼箭锦鸡儿(*Caragana jubata*)和吉拉柳(*Salix gilashanica*)5种典型灌丛群落为研究对象,通过野外调查取样和室内分析,深入研究了不同典型灌丛群落的物种组成、生活型组成和物种多样性变化特征,得到如下结论:

祁连山北麓5种典型灌丛群落组成较为简单,只出现了48种植物,隶属于26科,38属,但以蔷薇科、禾本科、菊科和豆科等西北干旱区的优势科数量居多;5种典型灌丛群落生活型谱均以地面芽植物所占比例最大,为37.09%,地上芽植物所占比例最少,为4.00%,这与研究区高寒半干旱的气候特征吻合;整体上看5种典型灌丛群落的*H*多样性指数的变化范围为1.12~2.26,*D*多样性指数的变化范围为0.60~0.74,其物种多样性指数较低,单优势种的群落优势度较大。然而物种多样性较低并不意味着系统的稳定性差,但对祁连山脆弱的生态系统来说,如果群落中的优势种消失,将会对整个生态系统地功能造成极为严重的损害,因此应加强对灌丛群落的保护。

参考文献(References)

[1] 靳虎甲, 马全林, 张德魁, 等. 乌兰布和沙漠典型灌木群落结构及数量特征[J]. 西北植物学报, 2012, 32(3): 579-588. [Jin Hujia, Ma Quanlin, Zhang Dekui, et al. Analysis on typical shrub plant community characteristics and quantitative characteristics in Ulanbuh Desert[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2012, 32(3): 579-588.]

[2] 岳明, 任毅, 党高弟, 等. 佛坪国家级自然保护区植物群落物种多样性特征[J]. 生物多样性, 1999(4): 263-269. [Yue Ming, Ren Yi, Dang Gaodi, et al. Species diversity of higher plant communities in Foping National Reserve[J]. Biodiversity Science, 1999(4): 263-269.]

[3] Lim B K, Engstrom M D. Species diversity of bats: (Mammalia: Chiroptera) in Iwokrama Forest, Guyana, and the Guianan subregion: Implications for conservation[J]. Biodiversity & Conservation, 2001, 10(4): 613-657.

[4] 刘梦, 陈芳清, 王玉兵, 等. 广西中部7种典型灌丛群落的物种多样性特征[J]. 热带亚热带植物学报, 2018, 26(2): 157-163. [Liu Meng, Chen Fangqing, Wang Yubing, et al. Species biodiversity of seven typical shrub communities in the middle of Guangxi Zhuang Autonomous Region[J]. Journal of Tropical and Subtropi-

cal Botany, 2018, 26(2): 157-163.]

[5] 艾尼瓦尔·吐米尔, 热衣木·马木提, 阿不都拉·阿巴斯. 新疆博格达山岩面生地衣群落结构特征[J]. 生态学报, 2018, 38(3): 1053-1064. [Tumur Anwar, Mamut Reyim, Abbas Abdulla. Community structure characteristics of saxicolous lichens in the Bogda Mountains of Xinjiang, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(3): 1053-1064.]

[6] 袁蕾, 周华荣, 宗召磊, 等. 乌鲁木齐地区典型灌木群落结构特征及其多样性研究[J]. 西北植物学报, 2014, 34(3): 595-603. [Yuan Lei, Zhou Huarong, Zong Zhaolei, et al. Structural characteristics and diversity of typical shrub plant community in the Urumqi region[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2014, 34(3): 595-603.]

[7] 李新荣. 试论鄂尔多斯高原灌木多样性的若干特点[J]. 资源科学, 2000, 22(3): 54-59. [Li Xinrong. Discussion on the characteristics of shrubby diversity of Ordos Plateau[J]. Resources Science, 2000, 22(3): 54-59.]

[8] 王学福. 灌木林在祁连山区的作用及其发展策略研究[J]. 甘肃林业科技, 2005(2): 32-35, 57. [Wang Xuefu. The importance of shrub in Qilian Mountain and its protection and development countermeasures[J]. Journal of Gansu Forestry Science and Technology, 2005(2): 32-35, 57.]

[9] 张平, 刘贤德, 张学龙, 等. 祁连山林草复合流域灌木林水文生态功能研究[J]. 干旱区地理, 2013, 36(5): 922-929. [Zhang Ping, Liu Xiande, Zhang Xuelong, et al. Shrubbery eco-hydrological effect of forest-grass catchment of Qilian Mountains[J]. Arid Land Geography, 2013, 36(5): 922-929.]

[10] 刘贤德, 张学龙, 赵维俊, 等. 祁连山西水林区亚高山灌丛水文功能的综合评价[J]. 干旱区地理, 2016, 39(1): 86-94. [Liu Xiande, Zhang Xuelong, Zhao Weijun, et al. Shrubbery eco-hydrological effect of forest-grass catchment of Qilian Mountains[J]. Arid Land Geography, 2016, 39(1): 86-94.]

[11] 雷蕾, 刘贤德, 王顺利, 等. 祁连山高山灌丛生物量分配规律及其与环境因子的关系[J]. 生态环境学报, 2011, 20(11): 1602-1607. [Lei Lei, Liu Xiande, Wang Shunli, et al. Assignment rule of alpine shrubs biomass and its relationships to environmental factors in Qilian Mountains[J]. Ecology and Environment, 2011, 20(11): 1602-1607.]

[12] 金铭, 张学龙, 刘贤德, 等. 祁连山林草复合流域灌木林土壤水文效应研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(1): 169-172, 181. [Jin Ming, Zhang Xuelong, Liu Xiande, et al. Analysis on soil and water conservation function of scrub forest in complex watershed on forestry and grasses of Qilian Mountains[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2009, 23(1): 169-172, 181.]

[13] 赵锦梅, 赵晶忠, 耿妍, 等. 祁连山东段不同高寒灌丛草地土壤性状特征变化[J]. 草地学报, 2014, 22(5): 991-997. [Zhao Jinmei, Zhao Jingzhong, Geng Yan, et al. Soil properties of different alpine shrub grasslands in eastern Qilian Mountains[J]. Acta Agrectir Sinica, 2014, 22(5): 991-997.]

[14] 赵永宏, 刘贤德, 张学龙, 等. 祁连山区亚高山灌丛土壤含水量的空间分布与月份变化规律[J]. 自然资源学报, 2016, 31(4): 672-681. [Zhao Yonghong, Liu Xiande, Zhang Xuelong, et al. The spatial distribution and monthly variation of soil moisture of subalpine shrubs in Qilian Mountains[J]. Journal of Natural Resources, 2016, 31(4): 672-681.]

[15] 马永骏, 王金叶, 刘兴明, 等. 祁连山保护区森林生态系统现状与保护对策[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(4): 5-8. [Ma Yongjun, Wang Jinye, Liu Xingming, et al. Status of forestry ecosystem and protection countermeasure in the protection areas in Qilian Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(4): 5-8.]

[16] 倪自银, 汪有奎, 杨全生, 等. 祁连山自然保护区灌木林灾害及防治对策[J]. 水土保持研究, 2005, 12(2): 107-110. [Ni Ziyin, Wang Youkui, Yang Quansheng, et al. Cortrol countermeasure on disaster of shrubbery in the nature reserve of Qilian Mountain[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2005, 12(2): 107-110.]

[17] 赵维俊, 敬文茂, 赵永宏, 等. 祁连山大野口流域典型灌丛植物与土壤中氮磷的化学计量特征[J]. 土壤, 2017, 49(3): 572-579. [Zhao Weijun, Jing Wenmao, Zhao Yonghong, er al. Nitrogen and phosphorus stoichiometry of plants and soils of typical shrubs in Dayekou Basin of Qilian Mountains[J]. Soils, 2017, 49(3): 572-579.]

[18] 马剑, 刘贤德, 李广, 等. 祁连山北麓中段青海云杉林土壤水热时空变化特征[J]. 干旱区地理, 2020, 43(4): 1033-1040. [Ma Jian, Liu Xiande, Li Guang, et al. Spatial and temporal variations of soil moisture and temperature of *Picea crassifolia* forest in north piedmont of central Qilian Mountains[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(4): 1033-1040.]

[19] 马剑, 刘贤德, 李广, 等. 祁连山中段青海云杉林土壤肥力质量评价研究[J]. 干旱区地理, 2019, 42(6): 1368-1377. [Ma Jian, Liu Xiande, Li Guang, et al. Evaluation on soil fertility quality of *Picea crassifolia* forest in middle Qilian Mountains[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(6): 1368-1377.]

[20] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001. [Song Yongchang. Vegetation ecology[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001.]

[21] Greig S. Quantitative plant ecology[M]. London: Blackwell Scientific Publications, 1983: 105-112.

[22] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究: Ⅱ. 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277. [Ma Keping, Huang Jianhui, Yu Shunli, et al. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China: Ⅱ. Species richness, evenness and species diversities[J]. Acta Ecologica Sinica, 1995, 15(3): 268-277.]

[23] 田春英. 祁连山物种多样性研究与保护[J]. 绿色科技, 2018(20): 51-52. [Tian Chunying. Study and protection of species diversity in Qilian Mountains[J]. Journal of Green Science and Technology,

2018(20): 51-52.]

[24] 党荣理, 潘晓玲. 西北干旱荒漠区种子植物科的区系分析[J]. 西北植物学报, 2002, 22(1): 24-32. [Dang Rongli, Pan Xiaoling. Floristic analysis of seed plant families in west-north desert of China [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2002, 22(1): 24-32.]

[25] 屈兴乐, 殷文杰, 周尧治, 等. 拉萨河谷亚高山灌丛草甸区系组成及其特征[J]. 干旱区研究, 2016, 33(3): 548-553. [Qu Xingle, Yin Wenjie, Zhou Yaozhi, et al. Composition and characteristics of subalpine shrub-meadow communities in the semiarid Lhasa Valley[J]. Arid Zone Research, 2016, 33(3): 548-553.]

[26] 苏闯, 张芯毓, 马文红, 等. 贺兰山灌丛群落物种多样性海拔格局及环境解释[J]. 山地学报, 2018, 36(5): 699-708. [Su Chuang, Zhang Xinyu, Ma Wenhong, et al. Altitudinal pattern and environmental interpretation of species diversity of scrub communty in the Helan Mountains, China[J]. Mountain Research, 2018, 36(5): 699-708.]

[27] 张和钰, 周华荣, 叶琴, 等. 新疆额尔齐斯河流域典型地区灌木群落多样性[J]. 生态学杂志, 2016, 35(5): 1188-1196. [Zhang Heyu, Zhou Huarong, Ye Qin, et al. Species diversity of shrub communities in typical areas of the Xinjiang Irtysh River Watershed[J]. Chinese Journal of Ecology, 2016, 35(5): 1188-1196.]

[28] 李新荣, 张新时. 鄂尔多斯高原荒漠化草原与草原化荒漠灌木类群生物多样性的研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(6): 665-669. [Li Xinrong, Zhang Xinshi. Biodiversity of shrub community in desert steppe and steppe desert on Erdos Plateau[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(6): 665-669.]

[29] 李新荣, 何明珠, 贾荣亮. 黑河中下游荒漠区植物多样性分布对土壤水分变化的响应[J]. 地球科学进展, 2008, 23(7): 685-691. [Li Xinrong, He Mingzhu, Jia Rongliang. The response of desert plant species diversity to the changes in soil water content in the middle-lower reaches of the Heihe River[J]. Advances in Earth Science, 2008, 23(7): 685-691.]

[30] 丁新华, 李铭, 姜继元, 等. 塔里木河上游典型湿地植被群落特征[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(6): 47-52. [Ding Xinhua, Li Ming, Jiang Jiyuan, et al. Wetland vegetation community feature in upper Tarim River area[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2014, 42(6): 47-52.]

[31] 冯建孟, 王襄平, 徐成东, 等. 玉龙雪山植物物种多样性和群落结构沿海拔梯度的分布格局[J]. 山地学报, 2006, 24(1): 110-116. [Feng Jianmeng, Wang Xiangping, Xu Chengdong, et al. Altitudinal patterns of plant species diversity and community structure on Yulong Mountains, Yunnan, China[J]. Journal of Mountain Science, 2006, 24(1): 110-116.]

[32] 郝建锋, 李艳, 齐锦秋, 等. 人为干扰对碧峰峡栲树次生林群落物种多样性及其优势种群生态位的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(23): 7678-7688. [Hao Jianfeng, Li Yan, Qi Jinqiu, et al. Effects of anthropogenic disturbances on the species diversity and niche of the dominant populations in a *Castanopsis fargesii* secondary forest community in Bifengxia, Sichuan[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(23): 7678-7688.]

Structural characteristics and diversity of typical shrub communities in Qilian Mountains

MA Jian[1,2,3], LIU Xiande[1,2,3], HE Xiaoling[4], WANG Shunli[1,3], HE Yongyan[1,3], WU Xiurong[1,3], ZHAO Jingzhong[1,3], MA Xue'e[1,3]

(1. Academy of Water Resources Conservation Forests in Qilian Mountains of Gansu Province, Zhangye 734000, Gansu, China; 2. College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China; 3. International Science and Technology Cooperation Base for Forest Ecological Monitoring and Assessment in Qilian Mountain, Gansu Province, Zhangye 734000, Gansu, China; 4. College of Earth and Environmental Sciences, Northwest A & F University, Xianyang 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Shrub community is an essential part of the forest ecosystem in Qilian Mountains, playing an indispensable role in maintaining ecological security in Northwestern China. The systematic study of shrub community structure is important for clarifying the renewal succession and stability of the shrub community. This can provide fundamental data and a scientific basis for protecting, restoring, and reconstructing the forest ecosystem in Qilian Mountains. In this study, we selected five typical shrub communities, including *Caragana tangutica*, *Berberis diaphana*, *Potentilla fruticosa*, *Caragana jubata*, and *Salix gilashanica*. They were distributed in the Dayekou watershed of Qilian Mountains and selected as the research topic. The species composition, life form compositions, and species diversity of five typical shrub communities were studied by field investigation and indoor analysis. The results showed that (1) The composition of shrub communities was relatively simple in the northern piedmont of central Qilian Mountains. Only 48 species belong to 38 genera and 26 families, but most plants belong to Rosaceae, Gramineae, Compositae, and Leguminosae, which are characteristic families in the arid region of northwest China. (2) In the life form of five typical shrub communities, the proportion of ground bud plants was the largest (37.09%), and the proportion of aboveground buds was the least (4.00%). (3) Overall, the Shannon-Weiner diversity index and Simpson's diversity index ranged from 1.12 to 2.26 and 0.60 to 0.74 of shrub communities, respectively. The Shannon-Weiner diversity index of different shrub communities showed *Potentilla fruticose*>*Caragana jubata*>*Berberis diaphana*>*Caragana tangutica*>*Salix gilashanica*. The Simpson's diversity index of different shrub communities showed *Potentilla fruticose*>*Caragana jubata*>*Salix gilashanica*>*Berberis diaphana*>*Caragana tangutica.* (4) Different habitat conditions lead to differences in the interstratum structure of community diversity, except for the *Caragana jubata* community, where the diversity index is herb layer>shrub layer. In contrast, the species diversity index of the shrub and herb layers in the *Caragana jubata* community is relatively similar, and the species composition of shrubs and herbs is homogeneous.

Key words: shrub communities; species diversity; structural characteristics; life form; Qilian Mountains